



## DESULFURISASI BATUBARA MENGGUNAKAN UDARA DAN AIR

Nana Dyah Siswati dan Aretna Festiani

Jurusan Teknik Kimia FTI UPN “Veteran” Jawa Timur  
Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya, 60294.

Email: [nanadyah22@yahoo.com](mailto:nanadyah22@yahoo.com)

### ABSTRAK

Batubara merupakan sumber energi alternatif pengganti minyak bumi yang mulai dikembangkan pemakaiannya untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia. Pembakaran batubara berkadar sulfur tinggi menghasilkan gas sulfur dioksida yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mengganggu kehidupan manusia, seperti menyebabkan sesak pada saluran pernapasan, serta menyebabkan hujan asam dan korosi pada peralatan pabrik. Untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan pada pembakaran batubara, telah dilakukan berbagai upaya untuk mengurangi kadar sulfur (desulfurisasi). Pengurangan polutan ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mengurangi kadar sulfur dalam batubara sebelum pembakaran atau menangkap gas sulfur dioksida yang terbentuk pada pembakaran (FGD = Flue Gas Desulfurization). Dalam penelitian ini dilakukan proses desulfurisasi batubara sebelum pembakaran, dilakukan dengan mengalirkan udara ke dalam campuran batubara dan air yang telah dipanaskan sampai suhu mendidih selama 7 jam, dengan variasi laju alir udara 3,1 – 5,1 liter/jam dan proporsi batubara/air = 2/360 – 10/360 (gr/cc). Kadar sulfur total dari batubara sebelum dan sesudah proses desulfurisasi ditentukan dengan metode Eschka.

Hasil terbaik diperoleh pada laju alir udara 5,1 liter/menit dan proporsi batubara/air 2/360 (gr/cc) dengan penurunan kadar sulfur sebesar 47,3617%.

**Kata Kunci : Kadar Sulfur, Desulfurisasi, Batu Bara**

### PENDAHULUAN

Batubara adalah batuan yang mudah terbakar yang lebih dari 50% -70% berat volumenya merupakan bahan organik yang merupakan material karbonan termasuk *inherent moisture*. Bahan organik utamanya yaitu tumbuhan yang dapat berupa jejak kulit pohon, daun, akar, struktur kayu, spora, polen, damar, dan lain-lain. Selanjutnya bahan organik tersebut mengalami berbagai tingkat pembusukan (dekomposisi) sehingga menyebabkan perubahan sifat-sifat fisik maupun kimia baik sebelum ataupun sesudah tertutup oleh endapan lainnya (Tirasonjaya, F., 2006). Batubara yang diperoleh dari hasil penambangan mengandung bahan pengotor (*impurities*). Hal ini bisa terjadi ketika proses *coalification* ataupun pada proses penambangan. Ada dua jenis pengotor yaitu *Inherent impurities*, merupakan pengotor bawaan yang terdapat dalam batubara. Batubara yang sudah dibakar memberikan sisa abu. Pengotor bawaan ini terjadi bersama-sama pada proses pembentukan batubara. Pengotor tersebut dapat berupa gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ), pirit ( $\text{FeS}_2$ ), silica ( $\text{SiO}_2$ ). Pengotor ini tidak mungkin dihilangkan sama sekali, tetapi dapat dikurangi dengan melakukan pembersihan. *Eksternal impurities*, merupakan pengotor yang berasal dari luar, timbul pada saat proses penambangan antara lain terbawanya tanah yang berasal dari lapisan penutup. Satu cara untuk membersihkan batu bara adalah dengan cara mudah memecah batubara ke bongkahan yang lebih kecil dan mencucinya. Beberapa sulfur yang ada sebagai bintik kecil di batu bara disebut sebagai "pyritic sulfur" karena ini dikombinasikan dengan besi menjadi bentuk iron pyrite, selain itu dikenal sebagai "fool's gold" dapat dipisahkan dari batu bara. Secara khusus pada proses satu kali, bongkahan batu bara dimasukkan ke dalam tangki besar yang terisi air, batu bara mengambang ke permukaan ketika kotoran sulfur tenggelam. Fasilitas pencucian ini dinamakan "coal preparation plants" yang membersihkan batu bara dari pengotor-pengotornya (Tirasonjaya, F., 2006).



Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Kualitas batubara ditentukan oleh maseral dan *mineral matter* penyusunnya, serta oleh derajat *coalification* (*rank*), diantaranya *Heating Value* (HV) (*calorific value*/Nilai kalori). Banyaknya jumlah kalori yang dihasilkan oleh batubara tiap satuan berat dinyatakan dalam kkal/kg. semakin tinggi HV, makin lambat jalannya batubara yang diumpungkan sebagai bahan bakar setiap jamnya, sehingga kecepatan umpan batubara perlu diperhatikan. Hal ini perlu diperhatikan agar panas yang ditimbulkan tidak melebihi panas yang diperlukan dalam proses industri. *Moisture Content* (kandungan lengas). Lengas batubara ditentukan oleh jumlah kandungan air yang terdapat dalam batubara. Kandungan air dalam batubara dapat berbentuk air *internal* (air senyawa/unsur), yaitu air yang terikat secara kimiawi. Jenis air ini sulit dihilangkan tetapi dapat dikurangi dengan cara memperkecil ukuran butir batubara. Jenis air yang kedua adalah air *eksternal*, yaitu air yang menempel pada permukaan butir batubara. Batubara mempunyai sifat hidrofobik yaitu ketika batubara dikeringkan, maka batubara tersebut sulit menyerap air, sehingga tidak akan menambah jumlah air *internal*. *Ash content* (kandungan abu). Komposisi batubara bersifat heterogen, terdiri dari unsur organik dan senyawa anorganik, yang merupakan hasil rombakan batuan yang ada di sekitarnya, bercampur selama proses transportasi, sedimentasi dan proses pembatubaraan. Abu hasil dari pembakaran batubara ini, yang dikenal sebagai *ash content*. Abu ini merupakan kumpulan dari bahan-bahan pembentuk batubara yang tidak dapat terbakar atau yang dioksidasi oleh oksigen. Bahan sisa dalam bentuk padatan ini antara lain senyawa  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ , dan oksida unsur lain. *Sulfur Content* (Kandungan Sulfur). Sulfur yang terdapat dalam batubara dibedakan menjadi 2 yaitu dalam bentuk senyawa organik dan anorganik. Sulfur dalam bentuk anorganik dapat dijumpai dalam bentuk pirit ( $\text{FeS}_2$ ), markasit ( $\text{FeS}_2$ ), atau dalam bentuk sulfat. Mineral pirit dan markasit sangat umum terbentuk pada kondisi sedimentasi rawa (reduktif). Belerang organik terbentuk selama terjadinya proses *coalification*.

Unsur sulfur terdapat pada batubara dengan kadar bervariasi dari rendah (jauh di bawah 1%) sampai lebih dari 4%. Unsur ini terdapat dalam batubara dalam 3 bentuk yakni sulfur organik, pirit ( $\text{FeS}_2$ ), dan sulfat ( $\text{SO}_2$ ). Dari ketiga bentuk sulfur tersebut, sulfur organik dan sulfur pirit merupakan sumber utama emisi oksida sulfur (Anonymous, 2006). Sulfur organik terjadi pada ikatan kimia terhadap bagian organik struktur batubara, konsentrasi sekitar 0,3-2,1 % berat yang merupakan 20-85 % dari kandungan total sulfur batubara. Pyrite stabil di udara sedangkan markasit ( $\text{FeS}_2$ ) yang juga merupakan sulfur anorganik selain pyrite, teroksidasi dalam udara lembab menjadi ferro sulfat. Pada pemanasan tanpa udara pyrite akan kehilangan sulfur jika dipanaskan dengan udara sulfur berubah menjadi sulfur dioksida. Dalam pembakaran batubara, semua sulfur organik dan sebagian sulfur pirit menjadi  $\text{SO}_2$ . Oksida sulfur ini selanjutnya dapat teroksidasi menjadi  $\text{SO}_3$ . Sedangkan sulfat disamping stabil dan sulit menjadi oksida sulfur, kadar relatifnya sangat rendah dibanding sulfur bentuk lainnya. Oksida-oksida sulfur yang terbawa gas buang dapat bereaksi dengan lelehan abu yang menempel dinding tungku maupun pipa boiler sehingga menyebabkan korosi. Sebagian  $\text{SO}_2$  yang diemisikan ke udara dapat teroksidasi menjadi  $\text{SO}_3$  yang apabila bereaksi dengan uap air menjadi kabut asam sehingga menimbulkan turunnya hujan asam.

Umumnya, untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisa kimia pada batubara yang diantaranya berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan jumlah air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*), sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara seperti : karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, unsur tambahan dan juga unsur jarang.

Pemanfaatan batubara yang diketahui biasanya adalah sebagai sumber energi bagi Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara, sebagai bahan bakar rumah tangga (pengganti minyak tanah) biasanya dibuat briket batubara, sebagai bahan bakar industri kecil; misalnya industri genteng/bata, industri keramik. Abu dari batubara juga dimanfaatkan sebagai bahan dasar sintesis zeolit, bahan baku semen, penyetabil tanah yang lembek. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan, penimbun lahan bekas pertambangan; recovery magnetit, cenosphere, dan karbon; bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori; bahan penggosok (*polisher*); filler aspal, plastik, dan kertas; pengganti dan bahan baku semen; aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*) (Al Fatakh, I., 2008).

Ada beberapa faktor yang menjadi alasan batubara digunakan sebagai sumber energi alternatif, yaitu: (Al Fatakh, I., 2008)

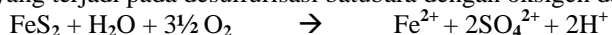


1. Cadangan batubara sangat banyak dan tersebar luas. Diperkirakan terdapat lebih dari 984 milyar ton cadangan batubara terbukti (*proven coal reserves*) di seluruh dunia yang tersebar di lebih dari 70 negara.
2. Negara-negara maju dan negara-negara berkembang terkemuka memiliki banyak cadangan batubara.
3. Batubara dapat diperoleh dari banyak sumber di pasar dunia dengan pasokan yang stabil.
4. Harga batubara yang murah dibandingkan dengan minyak dan gas.
5. Batubara aman untuk ditransportasikan dan disimpan.
6. Batubara dapat ditumpuk di sekitar tambang, pembangkit listrik, atau lokasi sementara.
7. Teknologi pembangkit listrik tenaga uap batubara sudah teruji dan handal.
8. Kualitas batubara tidak banyak terpengaruh oleh cuaca maupun hujan.

Perkembangan pemakaian batubara hingga saat ini semakin meningkat. Hal itu didukung oleh adanya program pemerintah yang menetapkan batubara sebagai sumber energi alternatif utama. Akan tetapi pemanfaatan batu bara sebagai bahan bakar fosil menimbulkan beberapa masalah ekologi, misalnya permukaan tanah akibat operasi penambangan serta karena terdapatnya sulfur dalam batubara. Pembakaran batubara berkadar sulfur tinggi menghasilkan gas sulfur dioksida yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mengganggu kehidupan manusia, seperti menyebabkan sesak pada saluran pernapasan, serta menyebabkan hujan asam dan korosi pada peralatan pabrik (Sasongko, D., 1999)

Untuk mengurangi gas  $\text{SO}_2$  ini dapat dilakukan dengan mengurangi kandungan sulfur sebelum batubara dibakar (desulfurisasi) atau dengan mengurangi kandungan sulfur setelah batubara dibakar (*flue gas desulfurization*) (Anonymous, 2006). Metode pemisahan oksida sulfur yang lebih dikenal dengan istilah desulfurisasi ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan metode basah (*wet method*) dan metode kering (*dry method*). Cara pertama disebut metode basah karena menggunakan cairan sebagai media penyerap sulfur. Cara kedua disebut metode kering karena bahan-bahan padat seperti oksida metal dan arang aktif digunakan sebagai pengikat sulfur (Anonymous, 2009). Pada metode basah 30-74 % sulfur pyrite (15-20 % dari total sulfur) pada batubara Illinois dengan ukuran 80 mesh dapat dioksidasi dalam 6 minggu pada 100 °C dan melewati oksigen dalam sebuah stationary bed (Li dan Parr dalam Meyer, 1977). Bahkan penelitian kemudian (Nelson et al dalam Meyer, 1977) menyempurnakan dengan memperbaiki pengeluaran sulfur pyrite dengan mensuspensi batubara dalam air serta melewati gelembung-gelembung oksigen dalam suspensi tersebut. Batubara Illinois yang dihancurkan sampai 60 mesh disuspensi dalam larutan pada suhu 900 °C, serta udara atau oksigen dilewatkan dengan kecepatan tinggi (0,113 m<sup>3</sup>/menit, setelah seminggu sulfur pyrite yang teroksidasi sekitar 79 %).

Reaksi yang terjadi pada desulfurisasi batubara dengan oksigen dalam air yaitu:



## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Bahan dan alat

Batubara diperoleh dari daerah Kalimantan Selatan dengan kadar sulfur total = 15,5136 % dan komposisi terlihat pada tabel 1:

Tabel 1. Hasil analisa proksimat komposisi batubara

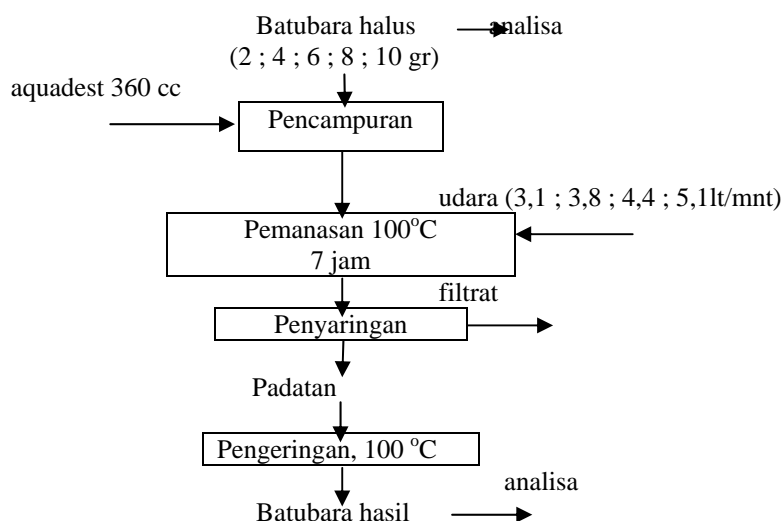
Proksimat analisis	Kadar (%)
Air	5
Abu	16.5722
Volatile matter	42.0983
Fixed carbon	36.3295

Bahan-bahan kimia untuk analisa antara lain asam klorida 37 %, natrium hidroksida 25 %,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , barium klorida, magnesium oksida dan aquadest. Sedangkan alat yang dipakai adalah seperangkat alat desulfurisasi labu leher tiga, pemanas, refluks kondensor, kompresor, flowmeter dan pH meter.

## 2. Metode penelitian

Penelitian terdiri dari dua tahap, tahap persiapan batubara meliputi penghalusan batubara dan pengayakan dengan ayakan 80 mesh. Tahap penelitian diawali dengan pencampuran batubara dan air dengan proporsi batubara : air yang bervariasi, kemudian dididihkan dalam labu leher tiga. Udara dari kompresor dialirkan dengan laju alir bervariasi selama 7 jam. Hasil oksidasi disaring dan diambil padatannya selanjutnya dikeringkan.

## 3. Procedure penelitian



Gambar 1. Skema proses Desulfurisasi batubara

## HASIL DAN PEMBAHASAN

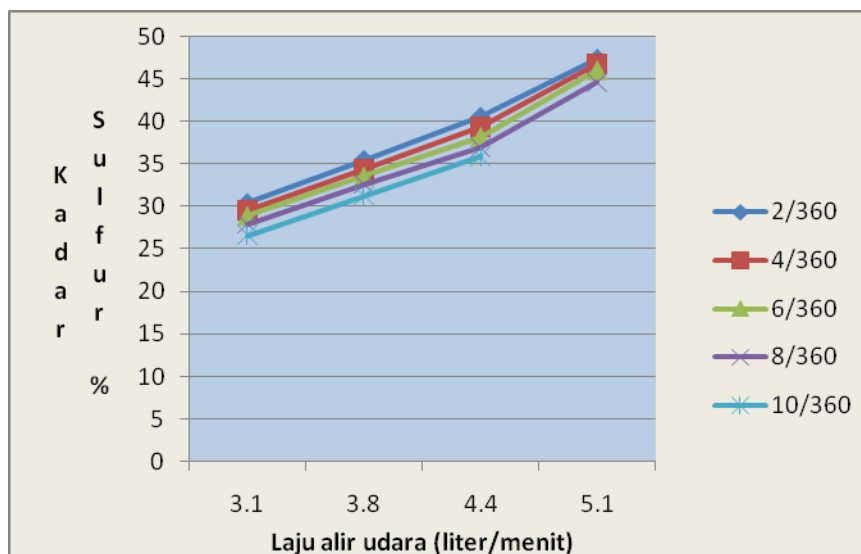
Dari penelitian, desulfurisasi batubara dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Kadar sulfur batubara (%) pada proporsi batubara/air dan laju alir udara yang bervariasi.

Laju alir udara (lt/mnt)	Proporsi batubara / air (gram/cc)				
	2 / 360	4 / 360	6 / 360	8 / 360	10 / 360
3,1	2,4363	2,4689	2,4907	2,5233	2,5709
3,8	2,2595	2,3003	2,3275	2,3588	2,4091
4,4	2,0814	2,1263	2,1644	2,2065	2,2459
5,1	1,8435	1,8653	1,8897	1,9332	1,9509

Tabel 2. Penurunan kadar sulfur batubara (%) pada proporsi batubara/air dan laju alir udara yang bervariasi.

Laju alir udara (lt/mnt)	Proporsi batubara / air (gram/cc)				
	2 / 360	4 / 360	6 / 360	8 / 360	10 / 360
3,1	30,4352	29,5043	28,8818	27,9510	26,5919
3,8	35,4834	34,3184	33,5418	32,6480	31,2118
4,4	40,5688	39,2867	38,1988	36,9967	35,8717
5,1	47,3617	46,7392	46,0425	44,8004	44,2950



Gambar 1. Hubungan antara proporsi batubara / air dan laju alir udara terhadap penurunan kadar sulfur (%)

Terlihat dari tabel 2 dan gambar 1, bahwa semakin besar proporsi batubara/air dari 2/360-10/360 (gr/cc), maka prosentase penurunan sulfur batubara semakin kecil. Dalam hal massa batubara yang semakin besar sedang volume air sebagai media suspensi tetap otomatis suspensi batubara dalam air menjadi semakin kurang sempurna, akibatnya sulfur yang teroksidasi juga semakin kecil. Sedang pada laju alir udara yang semakin besar, penurunan kadar sulfur semakin besar pula, hal ini disebabkan terjadinya peningkatan recovery sulfur dalam batubara dengan meningkatnya laju alir udara dari 3,1–5,1 liter/menit, bahwa dengan meningkatnya laju alir udara maka jumlah gelembung udara sebagai media pembawa partikel hidrofobik (batubara) meningkat, partikel batubara tersebut terdistribusi menyebar dalam suspensi, sehingga peluang recovery sulfur menjadi lebih besar.

## KESIMPULAN

Proses desulfurisasi batubara yang dijalankan selama 7 jam dapat menurunkan kadar sulfur batubara, hasil terbaik diperoleh pada proporsi batubara/air = 2/360 (gr/cc), laju alir udara 5,1 liter/menit dengan penurunan kadar sulfur 47,3617 %. Dari kadar awal sulfur 15,5136 % menjadi 1,8435 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2006. Litbang Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Batubara. *ilmubatubara.wordpress.com/2006*.
- Anonimous, 2009. Desulfurisasi Mencegah Hujan Asam, *earlshamfa.wordpress.com feb 2009*.
- Hanif, F., 2008. Kami mendukung upaya konservasi sumber daya energy. *firdaushanif.multiply.com/journal, Juni 2008*.
- Meyer R.A., 1977. *Coal Desulfurization*. Marsel Dekker, Inc., New York and Bassel.
- Sasongko, D., 1999. Biodepiritisasi batubara menggunakan Thiobacillus Ferrooxidans.
- Sukandarumidi, 2000. *Batubara dan gambut*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tirasonjaya, F., 2006. *Ilmu batubara*. *wordpress.com/2006*.
- Ullmans, 1986. *Encyclopedia Of Industrial Chemical*. Vol.A7 abd A25, 5ed. New York.